

MAPAS CONCEPTUALES HÍBRIDOS, UNA HERRAMIENTA PARA LA INVESTIGACIÓN EN LA MATEMÁTICA ESCOLAR

HYBRID CONCEPTUAL MAPS, A TOOL FOR RESEARCH IN SCHOOL MATHEMATICS

Nehemías Moreno Martínez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí. (México)
nehemias.moreno@uaslp.mx

Resumen

Se presenta una interpretación sistémica de la técnica del Mapa Conceptual Híbrido desde el Enfoque Ontosemiótico. Desde este enfoque, la técnica podría ser considerada como una herramienta útil para indagar las concepciones de los alumnos. Se describe un estudio de caso donde a partir de la producción de un estudiante de secundaria se representa de manera gráfica, mediante un Mapa Conceptual Híbrido, el sistema de prácticas, los objetos matemáticos y algunos procesos cognitivos empleados en la resolución de un problema contextualizado que involucra la noción de área. El Mapa Conceptual Híbrido permite observar la manera en que el estudiante organiza los conceptos, establece significados, permite advertir la realización de algunos procesos como el de idealización, argumentación y también la manera en que organiza y conecta las prácticas que constituyen el sistema de prácticas.

Palabras clave: mapa conceptual híbrido, objetos matemáticos, sistema de prácticas

Abstract

We present a systemic interpretation of the technique of the Hybrid Conceptual Map from the Onto-semiotic Approach. From this approach, the technique could be considered as a useful tool to investigate the conceptions of the students. We described a study case, where from the production of a high-school student, the system of practices, the mathematical objects, and some cognitive processes used in the resolution of a contextualized problem that involves the notion of area are graphically represented, through a Hybrid Conceptual Map. The Hybrid Conceptual Map allows us to observe the way in which the student organizes the concepts and establishes meanings. It also allows us to notice the development of some processes such as thinking, arguing and also the way in which it organizes and connects the practices which constitute the system of practices.

Key words: hybrid conceptual maps, mathematical objects, system of practices

■ Introducción

Numerosas investigaciones señalan que la técnica del Mapa Conceptual (MC por brevedad) es de gran utilidad en educación, ya que funge como estrategia de aprendizaje para los alumnos, como apoyo para el profesor para organizar y presentar contenidos, para investigar las concepciones de estudiantes respecto a un tema, entre otras aplicaciones.

En particular, se ha reportado también que el MC es una herramienta útil para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática escolar en distintos niveles educativos, ya que favorece el desarrollo de habilidades matemáticas y la resolución de problemas (González, 1992), permite a los profesores y a los alumnos ver la naturaleza conceptual y proposicional del conocimiento a través de la presentación organizada de información por parte del docente (Pérez, 2006) o mediante la elaboración de MC's (Mapas Conceptuales) de tipo argumentativo (pues no describe la práctica de resolución de problemas) por parte de los alumnos.

El empleo del MC en otros contextos ha permitido el desarrollo de otras representaciones como el del Mapa Conceptual Híbrido (MCH a partir de ahora), que resulta al combinar la técnica del MC con la técnica del Diagrama de Flujo (DdF). Cabe destacar que, a diferencia del MC, que se apoya en el enfoque cognitivo del aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1976; Moreira, 2012), en la literatura no se ha reportado algún uso del MCH en el contexto educativo, tampoco se ha presentado alguna interpretación teórica del MCH desde la teoría de Ausubel ni desde alguna otra teoría, sin embargo, en Aguilar (2006) se presenta una adaptación al español de un MCH elaborado en inglés que fue tomado del sitio de CmapTools (<http://cmpa.ihmc.us>) y que fue empleado para describir una guía sintética que permite construir un buen MC.

En este trabajo se considera al MCH como objeto de estudio, el cual es interpretado desde una teoría proveniente del campo de la Matemática Educativa, el Enfoque Ontosemiótico, EOS (Godino, Batanero y Font, 2007). Se interpreta al MCH como una representación gráfica del sistema de prácticas que realiza un sujeto (novato o experto) cuando resuelve una situación problematizada. Cabe señalar que en Moreno (2017) se ha presentado una interpretación ontosemiótica del MCH desde una perspectiva unitaria.

La interpretación ontosemiótica del MCH brinda una herramienta útil para indagar las concepciones de los alumnos, o de los docentes, y se suma a otras investigaciones acerca del aprendizaje de la matemática mediante la resolución de problemas.

■ Marco teórico

En esta sección se describe el marco teórico de la investigación. En un primer momento se abordan las técnicas del MC, DdF y MCH, posteriormente se presentan algunos elementos teóricos del EOS, y, por último, se describe la manera en la que se ha interpretado el MCH tomando en cuenta los elementos teóricos del EOS.

■ Mapa conceptual, diagrama de flujo y mapa conceptual híbrido

El MC es una técnica gráfica que muestra de forma organizada el conocimiento. En el MC los conceptos aparecen ordenados jerárquicamente, ubicándose los más generales en la parte superior del MC descendiendo hacia los conceptos más particulares en la parte inferior. La interconexión entre los conceptos se realiza mediante “ligas” (segmentos) y “frases de enlace”, produciendo una red de estructuras proposicionales donde el significado no sólo se encuentra en la relación entre concepto y concepto, sino que se extiende a las relaciones que a su vez estos

conceptos tienen con otros conceptos; el orden de estas relaciones está orientado por un dominio de conocimiento a partir del cual es posible señalar las relaciones verdaderas conforme al conocimiento (Aguilar, 2006).

Por otro lado, el DdF también tiene muchas aplicaciones, por ejemplo, es empleado para guiar tratamientos médicos, para el desarrollo de software, para el mejoramiento de la calidad en la industria, entre otros. En el contexto de las matemáticas, el DdF sirve para describir qué operaciones y la secuencia en la que estas operaciones se tienen que llevar a cabo para la solución de un problema y, a diferencia del MC, no presenta una estructura jerárquica conceptual. El DdF tiene la finalidad de mostrar esquemáticamente los procedimientos, las relaciones entre las partes, permitiendo representar los pasos y la lógica ligada al logro de una meta (Macías, 2007).

La técnica del MCH combina las características de las técnicas del MC y del DdF. Se trata de una representación gráfica que presenta simultáneamente tantas redes jerárquicas de conceptos como distintos procesos o procedimientos.

■ El enfoque ontosemiótico

Se considera al MCH como un objeto interpretable desde otras teorías, en nuestro caso, desde una teoría de la matemática educativa, el EOS. En la interpretación y elaboración del MCH se emplean los siguientes elementos del EOS: objetos matemáticos primarios (lenguaje, conceptos, propiedades, procedimientos y argumentos), función semiótica, sistema de prácticas, procesos cognitivos y la perspectiva unitaria/sistémica del significado.

Según el EOS (Godino, Batanero y Font, 2007), cuando un sujeto resuelve un problema matemático, el sujeto lleva a cabo un sistema de prácticas en las que emplea diferentes objetos matemáticos primarios (lenguaje, conceptos, propiedades, procedimientos y argumentos), los cuales se agrupan y se organizan en prácticas discursivas y operativas (procedimentales) más específicas (que tienen una finalidad concreta) que al relacionarse entre ellas contribuyen a lograr la solución del problema.

De acuerdo con el EOS, los elementos anteriores pueden ser interpretados o vistos desde cinco perspectivas duales tales como la personal/institucional, expresión/contenido, ostensivo/no-ostensivo, unitario/sistémico y extensivo/intensivo.

El EOS también señala que algunos procesos cognitivos se encuentran asociados a estas perspectivas duales. Por ejemplo, las perspectivas ostensivo/no-ostensivo se encuentran relacionadas con los procesos de idealización-materialización. Mediante el proceso de idealización, un objeto ostensivo (símbolo, expresión algebraica, gráfica, entre otras representaciones) es pensado o convertido en un objeto no ostensivo (Godino, Batanero y Font, 2012). Por otro lado, mediante el proceso de materialización, un objeto matemático pensado por un sujeto puede ser representado de manera ostensiva sobre el papel. Otros procesos cognitivos también son llevados a cabo, por ejemplo, el proceso de argumentación (que permite justificar el procedimiento empleado en la resolución de un problema), tratamiento, entre otros.

Por otra parte, mediante la perspectiva personal/institucional, los objetos primarios y las prácticas pueden ser personales (cognitivas) o institucionales (epistémicos), según si estos son empleados por un sujeto novato o profesor/experto respectivamente.

El significado de un objeto matemático es concebido por el EOS de dos maneras, una en términos de las perspectivas duales expresión/contenido y ostensivo/no-ostensivo, entendida como la relación o función semiótica entre un objeto ostensivo (expresión) y un objeto no-ostensivo (contenido o significado). Cabe señalar que el EOS también considera el significado como la función semiótica establecida entre cualquiera de los objetos primarios (lenguaje, conceptos, propiedades, procedimiento y argumentos) (Font, Godino y D'Amore, 2007).

Por otro lado, cuando el significado de un objeto matemático se interpreta como un sistema de prácticas (perspectiva sistémica) resulta que el significado se puede parcelar en diferentes clases de prácticas más específicas que son realizadas en un determinado contexto y con un determinado tipo de notación produciendo un determinado sentido. Cada contexto ayuda a producir sentido (permite generar un subconjunto de prácticas), pero no produce todos los sentidos (Font, Godino y D'Amore, 2007).

■ Interpretación ontosemiótica del mapa conceptual híbrido

La interpretación ontosemiótica del MCH considera que los objetos matemáticos primarios (conceptos, propiedades, procedimientos y argumentos) pueden ser representados de manera ostensiva (lenguaje) mediante el MCH. En el MCH, la unión entre conceptos mediante palabras enlace permite expresar propiedades y argumentos. El objeto matemático primario procedimiento se presenta a través de la componente del DdF del MCH. Desde el EOS, el MCH puede ser interpretado como una representación ostensiva del sistema de prácticas discursivas y operativas que lleva a cabo un sujeto al resolver un problema.

Por otro lado, algunos procesos cognitivos también pueden advertirse a través del MCH. El proceso de idealización puede ser “observado” mediante el paso de una jerarquía a otra de la componente del MC presente en el MCH. También es posible observar el proceso de argumentación, a través de las distintas rutas lecturas, o el de tratamiento matemático mediante la componente de DdF.

Tomando en cuenta la dualidad personal/institucional, el MCH puede interpretarse como un MCH epistémico o institucional cuando este se encuentre asociado a la producción de un docente experto. En cambio, si el MCH se encuentra asociado a la producción de un estudiante inexperto puede llamarse MCH cognitivo o personal. El MCH correspondiente a un sistema de prácticas que permite la resolución de un problema no es único, por ejemplo, en la resolución de un mismo problema, distintos MCH's epistémicos pueden ser elaborados a partir de las producciones de distintos docentes expertos, de hecho, teóricamente no se presentarían diferencias significativas en torno a la interpretación u organización conceptual, pues se trataría de representaciones del saber institucional escolar. En cambio, al comparar un MCH epistémico y un MCH cognitivo, esto podría aportarnos información muy importante acerca de las concepciones de cada sujeto a través de las diferencias o semejanzas entre los elementos de cada mapa.

El significado en el MCH también es concebido a través de las nociones de función semiótica y de sistema de prácticas. La primera se apoya en la perspectiva dual expresión/contenido, que permite entender el significado como una relación de tipo representacional, es decir, se trata de una función semiótica que tiene como expresión al objeto lenguaje observable en el MCH (palabras, símbolo, expresión algebraica, entre otros) y como contenido a cualquiera de los objetos matemáticos primarios no ostensivos restantes (conceptos, propiedades, procedimiento y argumentos). Mediante la segunda, el significado puede ser entendido a través de la organización de prácticas más específicas (las cuales constituyen el sistema de prácticas implicado en la resolución de un problema en un contexto concreto) que son realizadas con una determinada finalidad, con un determinado tipo de notación y que producen un determinado sentido.

■ Metodología

Se llevó a cabo un estudio de caso, de tipo exploratorio, en el que se planteó a un estudiante de segundo de secundaria la tarea de resolver y explicar el proceso de resolución de un problema que se presenta en el Libro para el maestro de telesecundaria: “El largo de un invernadero mide el doble que el ancho, y alrededor de éste se encuentra un pasillo de 2 metros de ancho y 136 metros cuadrados de área. ¿Cuántos metros cuadrados de superficie tiene el invernadero?” (Barrientos y Solares, 2007, p. 211). De acuerdo con los autores del libro, el propósito del

problema es familiarizar al alumno con la resolución de ecuaciones, de hecho, la solución que proponen los autores a este problema consiste en obtener primero el área del rectángulo mayor que encierra el pasillo y el invernadero $(2x + 4)(x + 4) = 2x^2 + 12x + 16$, luego restarle el área del invernadero $2x^2$, esto es $2x^2 + 12x + 16 - 2x^2 = 12x + 16$, e igualar dicha ecuación lineal resultante al valor del área que proporciona el texto que describe el problema, es decir, $12x + 16 = 136$, para obtener finalmente el ancho del invernadero $x = 10$ y un área de 200m^2 .

La producción oral y escrita del alumno fue grabada en un archivo electrónico el cual fue generado mediante el empleo de una pluma electrónica, Smartpen Live Scribe. La reproducción del archivo electrónico en la computadora, y la transcripción de ésta, permitió identificar la organización de los objetos primarios y de las prácticas a lo largo del proceso de resolución del problema. Para cada práctica, el discurso oral y escrito fue descompuesto en elementos, los cuales fueron clasificados en cinco categorías las cuales se trataban de los objetos matemáticos primarios señalados por el EOS: lenguaje, argumentos, conceptos, propiedades y procedimiento.

La elaboración del MCH se llevó a cabo de manera heurística y, puesto que el MCH posee una componente de MC, también se adoptaron algunas reglas que se han propuesto para la elaboración de un MC (Aguilar, 2006) tales como colocar conceptos más generales en la parte superior, colocar subconceptos debajo de cada concepto general, unir los conceptos mediante líneas que se denominan mediante una o varias palabras de unión creando así un significado.

Sin embargo, a diferencia del MC, la elaboración de un MCH se apoya en la descripción que realiza el EOS acerca del sistema de prácticas implicado en la resolución de un problema matemático. En general, se propone que en la elaboración del MCH es necesario considerar los siguientes aspectos:

- i. Prácticas interpretativas, que describen el análisis y la interpretación de la situación problematizada, y también se consideran los conocimientos previos necesarios para resolver el problema.
- ii. Hacer una lista de los datos numéricos que proporciona el texto que describe la situación problematizada para tomarlos en cuenta en la elaboración del MCH.
- iii. Las prácticas interpretativas se presentan mediante la organización de conceptos jerarquizados (componente del MC presente en el MCH).
- iv. Las prácticas operativas, presentan el procedimiento o tratamiento matemático que lleva a cabo el sujeto para resolver el problema.
- v. Las prácticas operativas se presentan mediante algunos elementos de un diagrama de flujo. Los elementos del diagrama de flujo no necesariamente se conectan mediante palabras enlace, pero si se debe indicar mediante flechas el sentido en el que se lleva a cabo el procedimiento de resolución.
- vi. Agregar si es necesario, a las prácticas operativas, cadenas de conceptos interconectados (argumentos), ya sea para justificar el procedimiento empleado o bien para interpretar los resultados obtenidos.
- vii. Buscar intervenciones entre los conceptos de las prácticas interpretativas y los elementos del diagrama de flujo que conforman las prácticas operativas, esto permitirá describir otras relaciones.

■ Resultados y análisis

En la Figura 1 se presenta el MCH que fue elaborado a partir de la producción del estudiante. Para analizar el sistema de prácticas llevado a cabo por el alumno se identificaron tres prácticas A, B y C, la primera interpretativa y las otras dos de operativas.

En cada una de las prácticas el estudiante organizó un conjunto de objetos matemáticos primarios. En la Figura 1 se han enumerado del (1) al (37) algunos de estos objetos. En la práctica A, que es discursiva/interpretativa (discursiva, pues es obtenida cuando el alumno explica oralmente cómo interpreta la situación y la problematización de la situación) se observa el objeto matemático concepto (rectángulo (2), altura (2'), área, entre otros), propiedades

(rectángulo que tiene largo 2a), argumentos (pasillo alrededor del invernadero, ruta (3)-(1)) y también es posible advertir al objeto matemático procedimiento llevado a cabo de manera implícita mediante cinco etapas P1-P2-...-P5. El sentido que tiene la realización esta práctica es la de interpretar la situación problematizada, recurrir al conocimiento previo (como el de recordar el área de un rectángulo), llevar la situación concreta al terreno de lo abstracto para luego pasar a la resolución del problema.

En la práctica B aparecen nuevamente los objetos matemáticos primarios, en este caso, el objeto procedimiento aparece de dos maneras, a lo largo de la realización de la práctica mediante cuatro etapas y mediante la ejecución de algunas operaciones como las que van a lo largo de la ruta (1)-(2)-...-(27). La finalidad de esta práctica fue la de calcular el ancho a del invernadero. Por último, la práctica C, que también es de tipo operativa, organiza nuevamente un grupo de objetos matemáticos primarios para obtener como objeto emergente al área del pasillo, ruta (29) a (37). Esta última práctica logra su significado a partir de su interconexión con las dos prácticas previas.

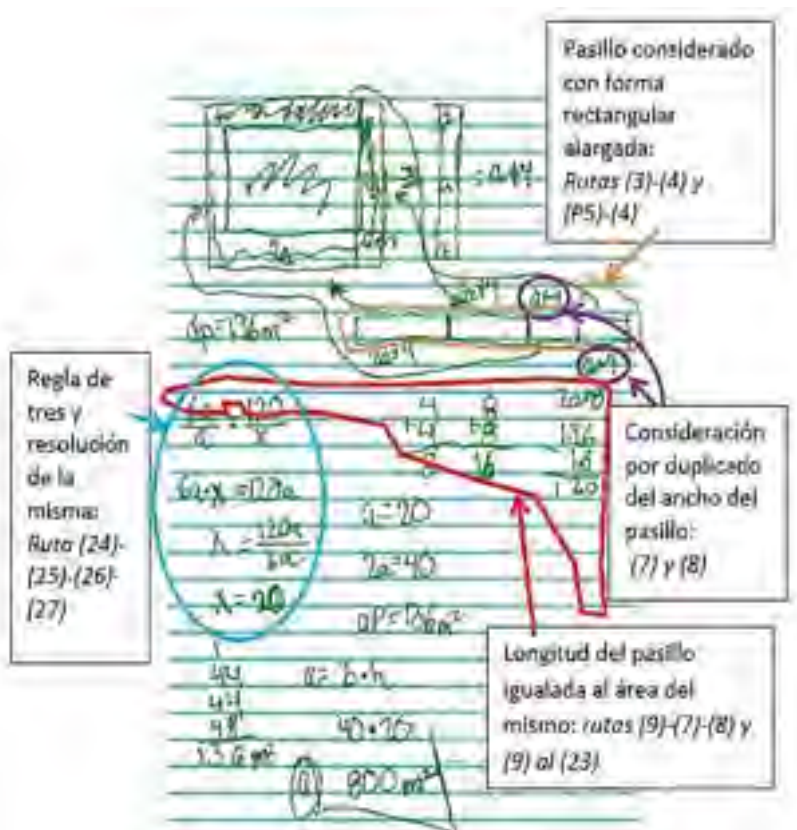
En general, el alumno no resolvió correctamente el problema. Sin embargo, el alumno estableció una trama de funciones semióticas, por ejemplo, entre otras prácticas, se tiene que en la práctica A estableció la función semiótica (1)-(2), que le permitió interpretar al invernadero como un rectángulo; mediante (3)-(4) interpretó, erróneamente, al pasillo como una línea recta; en la práctica B también establece la función semiótica (27)-(28) que le permite interpretar $x = 20$ con el ancho “a” del invernadero, y en la práctica C establece la función semiótica (35)-(36)-(37) para atribuir al área una magnitud de “800”.



Figura 1. MCH elaborado a partir de la producción del estudiante (elaboración propia mediante CmapTools).

La realización inadecuada de las prácticas B y C condujeron al alumno a obtener resultados (27) y (35) erróneos. Esto se debió a los siguientes aspectos: (i) aunque el alumno tenía en mente considerar al pasillo como una forma rectangular alargada (P5)-(4), ver la Figura 2, continuó trabajando con la idea inadecuada de considerarlo como una

Por otra parte, en la práctica C el estudiante recupera los conceptos que había definido en la práctica A tales como (32), (33), (34), entre otros, luego considera la propiedad que expresa el área del rectángulo como el producto entre la base y la altura, ruta (31) a (34), lleva a cabo el procedimiento de multiplicación para obtener finalmente el área del invernadero.



También es posible notar que el estudiante llevó a cabo algunos procesos cognitivos: (i) idealización, cuando interpreta al invernadero como un rectángulo (2)-(3) y al pasillo como una línea recta (3)-(4); (ii) particularización, cuando considera pertinente emplear la regla de tres (25) como recurso para abordar el caso particular de la resolución del problema del invernadero; (iii) significación, en términos de la coordinación del sistema de prácticas A-B-C (ver líneas de conexión segmentadas que representan intervínculos) y la trama de funciones semióticas.

El propósito que plantean los autores del Libro del maestro de telesecundaria (Barrientos y Solares, 2007) sobre familiarizar al alumno con la resolución de ecuaciones no resulta una tarea fácil a través de la resolución de una situación problematizada como la del invernadero, pues antes de esto, es necesario tomar en cuenta que en la resolución del problema entran en juego algunos procesos cognitivos como el de significación y el de visualización.

Mediante la significación el estudiante considera al pasillo como un rectángulo alargado el cual, mediante la visualización (Godino, Gonzato, Cajaraville y Fernández, 2012) lo transforma al dividirlo en cuatro partes (ruta P5-(5)-(6)-(7)-(8) en la Figura 1), sin embargo, termina por establecer una función semiótica que le permite interpretarlo como un segmento de recta (ruta (3)-(4) en la Figura 1). La realización inadecuada del proceso de visualización lleva al alumno a considerar por duplicado el ancho del pasillo en (7) y (8), ver Figura 1.

También, de acuerdo a la propuesta de los autores del Libro del maestro, mediante el proceso de visualización, el estudiante debería ser capaz de advertir que el ancho, y posteriormente el área, del invernadero puede ser determinado al restar algebraicamente el área del invernadero rectangular al área del rectángulo mayor que contiene al pasillo y al invernadero, sin embargo, este proceso no es inmediato para el estudiante y prefiere otro camino, es decir, sigue un camino que, si el estudiante no hubiese cometido el error de solo considerar la longitud del pasillo, le hubiese conducido a la formulación de la misma ecuación lineal de una manera más directa a través de la suma de las áreas de las cuatro partes en las que el alumno dividió el pasillo, ver la Figura 2 y P5 en la Figura 1.

La realización inadecuada de los procesos anteriores llevó al estudiante al planteamiento innecesario y la resolución de la regla de tres, procedimiento que puede ser considerado como un conocimiento significativo y que seguramente ha resultado de gran utilidad para el estudiante en la resolución de otros problemas previos.

■ Conclusiones

El MCH, interpretado a la luz del EOS, es una herramienta gráfica que permite tener un acercamiento a las concepciones del estudiante a través de la resolución de una situación problematizada. El MCH presenta de manera ostensiva, u observable públicamente, al sistema de prácticas, la cual presenta de manera organizada prácticas que pueden ser de tipo operativo o discursivo. Cada una de estas prácticas persigue la realización de un objetivo específico, o tiene determinado sentido al interior del sistema de prácticas, sin embargo, a través de sus interconexiones es posible alcanzar la solución del problema.

Cabe destacar que en cada una de las prácticas que forma parte del sistema de prácticas es posible advertir la organización de un conjunto de objetos matemáticos primarios (lenguaje, conceptos, propiedades, procedimiento y argumentos), inclusive, en la práctica interpretativa es posible advertir el objeto procedimiento, lo cual da cuenta de la realización de un proceso interpretativo de la situación problematizada.

La significación aparece en el MCH de dos maneras, la primera, como sistema de prácticas a través de la organización e interconexión de las prácticas que integran el sistema de prácticas. La segunda manera es a través de la trama de funciones semióticas que se establecen entre los objetos matemáticos primarios que se presentan a lo largo del MCH.

Por otro lado, además del proceso de significación, también es posible advertir la realización de otros procesos cognitivos tales como el de idealización en el paso de una jerarquía a otra en el MCH, por ejemplo, cuando el alumno considera al invernadero como un rectángulo. O bien, cuando considera al pasillo como un segmento de recta.

Como consideración técnica, el empleo de la herramienta SmartPen, a través de la grabación sincronizada del audio y la escritura en la resolución del problema, permitió capturar la materialización (proceso por el cual se presenta de manera ostensiva u observable un objeto no ostensivo o no observable) de los objetos primarios, en particular, permitió capturar el objeto primario argumento a través del discursivo justificativo del alumno, el cual es soslayado

comúnmente a través de las pruebas que se llevan a cabo únicamente de manera escrita. Por otra parte, también cabe señalar que la herramienta CmapTools, empleada típicamente para la elaboración del MC, resultó sobrepasada en la elaboración del MCH, puesto que ésta última técnica emplea de manera combinada el registro escrito y algebraico especializado de manera simultánea. Fue necesario realizar algunos “trucos” para elaborar el MCH, por ejemplo, en ciertos casos se procedió a quitar el borde y el sombreado del objeto y superponerlo con un objeto con texto para presentar simultáneamente texto y expresión algebraica.

■ Referencias bibliográficas

- Aguilar, T. M. F. (2006). El mapa conceptual una herramienta para aprender y enseñar. *Plasticidad y restauración neurológica*, 5(1), 7-17.
- Ausubel, D. P., Novak, J. Y. H. H., y Hanesian, H. (1976). Significado y aprendizaje significativo. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, 53-106.
- Barrientos, R. A. L. y Solares, P. D. V. (2007). *Matemáticas II. Libro para el maestro. Volumen I*. México: SEP-ILCE.
- Font, V., Godino, J., y D'Amore, B. (2007). Enfoque ontosemiótico de las representaciones en educación matemática. *For the learning of mathematics*, 27(2), 3-9.
- Godino, J. D., Batanero, C., y Font, M. V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM-The International Journal on Mathematics Education*, 39(1-2), 127-135. doi: 10.1007/s11858-006-0004-1
- Godino, J. D., Batanero, C., y Font, M. V. (2012). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. *Perspectivas en la Didáctica de las Matemáticas*, 47-78.
- Godino, J. D., Gonzato, M., Cajaraville, J. A., y Fernández, T. (2012). Una aproximación ontosemiótica a la visualización en educación matemática. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(2), 109-130.
- González, G. F. M. (1992). Los mapas conceptuales de J.D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 148-158.
- Macias, F. D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana De Educación*, 42(4), 1-17. Recuperado a partir de <https://rieoei.org/RIE/article/view/2406>
- Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo. *Curriculum: Revista de teoría, investigación y práctica educativa*, 25, 29-56.
- Moreno, M. N. (2017). Una representación gráfica de la práctica de resolución de problemas en Cálculo diferencial. *Investigación en la escuela*, 92, 60-75.
- Pérez, F. R. (2006). Mapas conceptuales y aprendizaje de matemáticas. *Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*, 1, 407-414.